

PENGEMBANGAN PIRANTI LUNAK PENAKSIRAN BEBAN PENDINGINAN TATA-UDARA BANGUNAN

¹Erfan Purnama

²Wisnu Hendradjit

³Agus Samsi

Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung

¹ erfan.tf.133@students.itb.ac.id,

² wisnu131@tf.itb.ac.id (kepadanya komunikasi dan korespondensi ditujukan),

³ samsi@tf.itb.ac.id.

ABSTRAK

Menaksir besarnya beban pendinginan sistem tata-udara bangunan adalah pekerjaan yang rumit, memakan waktu dan melelahkan, karena itu ketidak-seksamaan perhitungan pun sering terjadi. Piranti lunak penaksiran beban pendinginan diadakan untuk mengatasi hal itu serta membuat perhitungan menjadi lebih mudah dan lebih cepat. Sebuah piranti lunak untuk itu telah dikembangkan untuk dapat digunakan pada kondisi iklim di Indonesia. Hasil penggunaan piranti lunak itu harus terpercaya, dapat diandalkan. Piranti lunak itu adalah Cooling Load Software 2008 (CLS 2008) yang menerapkan sistem wizard dan dikembangkan menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0. Metoda Cooling Load Temperature Difference and Cooling Load Factor (CLTD/CLF) digunakan sebagai dasar penaksiran beban pendinginan. Hasil penaksiran berupa tabel dan grafik beban pendinginan yang dapat disimpan dalam bentuk file (.cmf), dicetak, atau diekspor ke program lain. Piranti lunak CLS 2008 dapat digunakan dengan baik untuk menaksir beban pendinginan pada suatu bangunan di wilayah Indonesia bagian utara maupun selatan khatulistiwa, untuk rentang waktu sepanjang setahun penuh. Selain itu, beban pendinginan maksimum, minimum, dan rata-rata dapat ditentukan pula. Penaksiran beban pendinginan juga telah melibatkan seluruh komponen beban pendinginan internal dan eksternal bangunan.*

Kata kunci: beban pendinginan, CLS 2008, sistem wizard, CLTD, CLF.

1. PENDAHULUAN

Beban pendinginan adalah laju pembuangan kalor dari suatu tempat untuk menjaga kondisi termal di tempat itu, agar suhunya tetap lebih rendah dari suhu lingkungan alami dan tingkat kelembaban nisbi udara yang sesuai. Penaksiran beban pendinginan pada suatu bangunan gedung adalah tahapan yang penting untuk dapat menentukan kapasitas pendinginan dari perlengkapan/peralatan refrigerasi yang diperlukan untuk mendukung sistem tata udara pada bangunan gedung itu. Penaksiran beban pendinginan menyediakan informasi sebagai dasar untuk memilih perlengkapan refrigerasi dan perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara (VAC) yang paling

sesuai dengan bangunannya. Penaksiran beban pendinginan juga dapat menyediakan data yang bermanfaat untuk mengevaluasi dan optimasi maupun reduksi konsumsi energi, dalam rangka upaya mewujudkan bangunan yang hemat energi.

Penaksiran beban pendinginan secara manual memerlukan waktu yang lama dan cukup melelahkan. Kesalahan perhitungan sering terjadi akibat ketidak-seksamaan pengerjaannya.

Oleh karena itu piranti lunak penaksiran beban pendinginan diperlukan untuk melakukan perhitungan dengan lebih mudah dan lebih cepat. Piranti lunak yang dikembangkan pun harus terpercaya, dapat diandalkan, dan penaksiran beban pendinginannya sesuai dengan kondisi iklim di Indonesia. Piranti lunak penaksiran beban

pendinginan pada penelitian ini diberi nama Cooling Load Software 2008 (CLS 2008).

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan piranti lunak yang dapat digunakan untuk melakukan penaksiran beban pendinginan secara *multizoning* pada bangunan gedung yang terletak di seluruh wilayah Indonesia, di bagian utara maupun selatan khatulistiwa.
2. Beban pendinginan untuk rentang waktu yang panjang (selama setahun) serta beban puncak maupun beban rata-ratanya dapat ditentukan.
3. Piranti lunak itu mencakup perhitungan seluruh komponen beban pendinginan internal dan eksternal bangunan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Piranti lunak CLS 2008 menerapkan sistem *wizard* dan dikembangkan menggunakan piranti lunak Microsoft Visual Basic 6.0. Metoda *Cooling Load Temperature Difference and Cooling Load Factor* (CLTD/CLF) dari ASHRAE GRP158 (Rudoy dan Cuba, 1979) sebagai dasar penaksiran beban pendinginan.

Klasifikasi komponen beban pendinginan ditentukan berdasarkan sumber kalornya. Sumber-sumber kalor beban pendinginan yaitu:

1. Konduksi kalor menembus dinding luar (*external wall*), atap, dan selubung gedung yang transparan (kaca, dan sebagainya).
2. Radiasi termal menembus kaca.
3. Konduksi kalor menembus partisi, lantai, dan langit-langit.
4. Emisi termal dari sistem pencahayaan buatan di dalam *zone* yang dikondisikan.
5. Beban kalor sensibel dan laten dari penghuni di dalam *zone* yang dikondisikan.

6. Beban kalor sensibel dan laten dari perangkat elektrik, uap, dan gas yang ada di dalam *zone* yang dikondisikan.
7. Kalor sensibel dari perangkat daya, termasuk motor elektrik yang ada di dalam *zone* yang dikondisikan.
8. Kalor sensibel dan laten akibat ventilasi yang mengacu pada SNI-03-6572-2001 dan akibat infiltrasi yang mengacu pada ASHRAE GRP158.

3. METODA PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metoda sebagai berikut:

1. Menelusuri informasi publikasi dan pustaka tentang penaksiran beban pendinginan menggunakan metoda CLTD/CLF, serta pemrograman menggunakan piranti lunak Microsoft Visual Basic 6.0, maupun penelitian-penelitian lain yang sejenis. Termasuk informasi tentang piranti-piranti lunak penaksiran beban pendinginan yang telah beredar di pasaran, misalnya Carrier E-20 (Carrier, Corp., 1980) dan Trace-700 (Trane, Corp., 2002).
2. Piranti lunak ini dikembangkan merujuk pada program terdahulu oleh Susanti (2001) maupun Agus (2006).
3. Menerapkan sistem *wizard* pada perancangan algoritma penaksiran beban pendinginan, IO program, dan merancang antarmuka yang mudah dipergunakan.
4. Membuat antarmuka dan menyusun kode program agar menjadi piranti lunak.
5. Menguji piranti lunak itu dan menganalisis hasilnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Antarmuka Piranti Lunak

Pengisian data masukan pada piranti lunak CLS 2008 menggunakan sistem *wizard*. *Wizard* adalah kumpulan antarmuka yang memuat formulir isian dan ditampilkan

satu-persatu. Biasanya diberi nomor halaman di setiap antarmukanya. Terdapat lima *wizard* pada piranti lunak CLS 2008 yaitu *wizard* data umum, eksternal, internal, partisi, dan infiltrasi. Keuntungan menggunakan *wizard* antara lain:

1. Data masukan yang telah disimpan dapat diubah atau dihapus.
2. Pengisian data dilakukan langkah demi langkah (*step by step*) sehingga pemakaian piranti lunak menjadi lebih sederhana dan mudah dipahami (*user-friendly*).
3. Penanganan kesalahan dan koreksi perhitungan yang lebih mudah.

Antarmuka utama CLS 2008 berupa hasil penaksiran beban pendinginan dalam bentuk tabel, grafik, atau keterangan proyek penaksiran beban pendinginan. Tabel yang ditampilkan bisa berupa hasil penaksiran beban pendinginan total atau masing-masing komponen pada seluruh *zone* bangunan maupun masing-masing *zone* bangunan. Grafik beban pendinginan selama satu bulan atau setahun penuh untuk seluruh *zone* bangunan atau masing-masing *zone* bangunan dapat dipilih sesuai keinginan pemakai program.

Algoritma Piranti Lunak

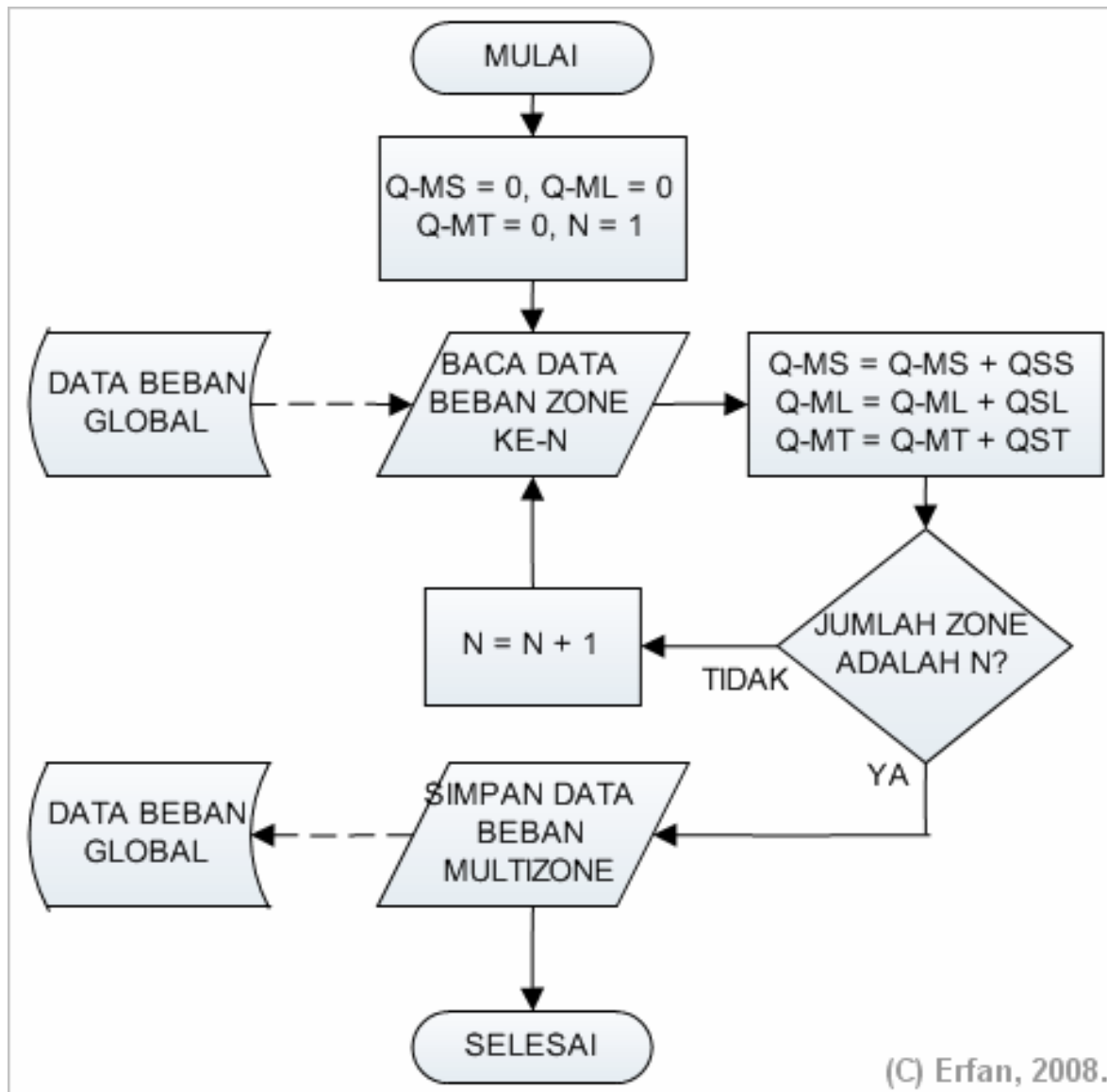
Terdapat 51 modul pada piranti lunak CLS 2008. *Subroutine* penaksiran beban pendinginan disimpan pada sebuah modul, yaitu ModBeban, dan terdiri dari

beberapa prosedur untuk menaksir beban pendinginan dari setiap komponen beban pendinginan. Penaksiran beban pendinginan total dilakukan pada prosedur terpisah setelah prosedur-prosedur penaksiran beban pendinginan setiap komponen dipanggil. Tahapan penaksiran beban pendinginan total masing-masing *zone* bangunan dilakukan sesuai dengan buku pedoman ASHRAE GRP158. Sedangkan tahapan penaksiran beban pendinginan seluruh *zone* bangunan diperlihatkan di **Gambar 1**.

Q-MS, Q-ML, dan Q-MT adalah beban pendinginan sensibel, laten, dan total pada seluruh *zone* bangunan sedangkan Q-SS, Q-SL, dan Q-ST adalah beban pendinginan sensibel, laten, dan total pada *zone* ke-N. Jumlah *zone* = 0 tidak diperkenankan. Hal ini ditangani pada saat pemakai program mengisi formulir isian pada *wizard* data umum.

Basis Data

Basis data pada piranti lunak CLS versi-versi dan program terdahulu yang disusun oleh Susanti (2001) dan Agus (2006) disimpan dalam *file* yang dibuat Microsoft Office Access (*.mdb). Penggunaan basis data ini menyebabkan *lag* pada piranti lunak dan memerlukan kapasitas *hard disk* $\pm 6,84$ MB. Oleh karena itu, format penyimpanan basis data tersebut diubah menjadi *delimited text files* (*.cld) yang digunakan di piranti lunak CLS 2008. Pemrosesan basis data yang baru jauh lebih cepat dan hanya memerlukan kapasitas *hard disk* 83.6 KB.



Gambar 1. Diagram alir penaksiran beban pendinginan multizone.

Persyaratan Sistem

Persyaratan sistem (*system requirements*) sebagai kebutuhan minimum instalasi piranti lunak CLS 2008 sebagai berikut:

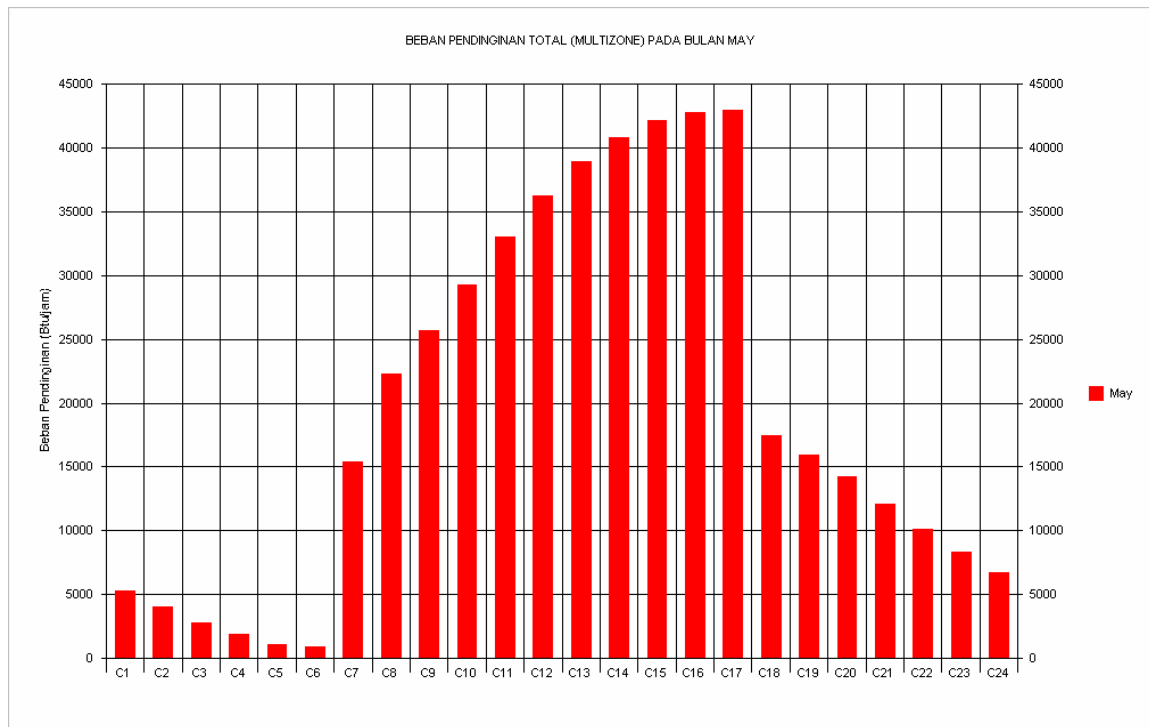
1. Sistem operasi Windows 98/NT/ME/2000/XP.
2. Intel Pentium CPU 300 MHz.
3. Free hard disk space sebesar 15 MB.
4. RAM sebesar 64 MB.

Piranti lunak CLS 2008 dapat digunakan untuk menaksir beban pendinginan 1 – 100 *zone*. Jumlah *zone* dibatasi agar

piranti lunak dapat dipakai pada komputer yang memenuhi persyaratan di atas.

Pengujian Piranti Lunak

Piranti lunak CLS 2008 diujicoba untuk menaksir beban pendinginan sebuah bangunan yang dibagi menjadi lima *zone* dan terletak di 7° LS. Penaksiran beban pendinginan dilakukan di bulan Mei. Fluktuasi beban pendinginan pada bangunan tersebut selama 24 jam diperlihatkan di **Gambar 2**.



Gambar 2. Fluktuasi beban pendinginan selama 24 jam.

Hasil penaksiran beban pendinginan menggunakan piranti lunak

Tabel 1). Selisih terbesar antara hasil penaksiran menggunakan piranti lunak dengan penaksiran secara manual adalah 0,14 %

dibandingkan dengan hasil penaksiran secara manual (lihat

dengan selisih rata-rata 0,06 %. Hasil ini menunjukkan piranti lunak telah dapat digunakan untuk melakukan penaksiran beban pendinginan pada bangunan *multizone* dengan baik. Selain itu, beban pendinginan maksimum, minimum, dan rata-rata juga telah dapat ditentukan dengan baik oleh piranti lunak.

Tabel 1. Hasil pengujian pertama.

Beban Pendinginan Multizone (Btu/jam)									
Jam ke-	Total			Sensibel			Laten		
	10	14	15	10	14	15	10	14	15
Manual	29270	40746	42149	12041	23518	24919	17228	17228	17228
CLS 2008	29270	40760	42160	12040	23530	24930	17230	17230	17230
Selisih (%)	0	0.14	0.11	0.01	0.12	0.11	0.02	0.02	0.02

Pengujian kedua bertujuan untuk mengetahui apakah piranti lunak juga dapat digunakan dengan baik untuk menaksir beban pendinginan bangunan yang berada di bagian utara khatulistiwa (daerah lintang utara) sedangkan

pengujian ketiga dilakukan untuk mengetahui apakah piranti lunak dapat digunakan untuk menaksir beban pendinginan selama setahun. Hasil pengujian kedua dan ketiga diperlihatkan di

Tabel 2 dan

Tabel 3. Persentase selisih hasil penaksiran menunjukkan piranti lunak telah dapat digunakan dengan baik untuk

melakukan penaksiran beban pendinginan pada bangunan di daerah lintang utara serta dapat digunakan dengan baik untuk melakukan penaksiran beban pendinginan selama setahun. Penaksiran beban pendinginan pada pengujian kedua dan ketiga ini hanya dilakukan pada salah satu *zone* bangunan.

Tabel 2. Hasil pengujian kedua.

Beban Pendinginan Zone A (Btu/jam)									
Jam ke-	Total			Sensibel			Laten		
	10	14	15	10	14	15	10	14	15
Manual	7216	10011	10210	2556	5350	5550	4660	4660	4660
CLS 2008	7216	10010	10210	2556	5351	5551	4660	4660	4660
Selisih (%)	0	0.01	0	0	0.01	0.01	0	0	0

Tabel 3. Hasil pengujian ketiga.

Beban Pendinginan Zone A (Btu/jam)									
Jam ke-	Total			Sensibel			Laten		
	10	14	15	10	14	15	10	14	15
Manual	5197	7534	8061	536	2874	3401	4660	4660	4660
CLS 2008	5197	7535	8063	537	2875	3402	4660	4660	4660
Selisih (%)	0	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0	0	0

Kinerja Piranti Lunak

Piranti lunak dibuat untuk memudahkan dan mempercepat pekerjaan penaksiran beban pendinginan. Sulit dan lamanya penaksiran beban pendinginan terutama disebabkan perlunya mencari data pada tabel-tabel buku pedoman ASHRAE GRP158. Penaksiran secara manual membutuhkan waktu 1,5 sampai 2 jam untuk setiap *zone* bangunan. Piranti lunak CLS 2008 memerlukan waktu 1 – 2 detik untuk menaksir beban pendinginan seluruh *zone* bangunan. Waktu yang diperlukan untuk mengisi data masukan pada semua *wizard* adalah 5 sampai 10 menit setiap *zone*-nya. Dengan demikian penggunaan piranti lunak CLS 2008 dapat menyingkatkan waktu pengerjaan

penaksiran beban pendinginan bangunan *singlezone* maupun *multizone*, dibandingkan jika dilakukan secara biasa.

Pada pengujian ini, piranti lunak dioperasikan pada anjung komputer dengan spesifikasi sistem sebagai berikut:

1. Sistem operasi Windows XP Home Edition 2002.
2. Intel Pentium IV CPU 1800 MHz.
3. Free hard disk space sebesar 800 – 900 MB.
4. RAM sebesar 256 MB.

Piranti lunak CLS 2008 juga memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan beberapa piranti lunak lain seperti HBCalc dari ASHRAE, ComfortAir 4.0, dan Cool Room Calc 1.0e. Hasil perbandingan diperlihatkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan kinerja beberapa piranti lunak.

	Cara Manual	CLS 2001	CLS 2006	CLS 2008	ASHRAE HBCalc	Comfort Air 4.0	CRC 1.0e
Perlu data dari tabel	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Tidak
Multizone	Ya	Tidak	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
Grafik hasil	Tidak	Ya	Ya	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Simpan file	–	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Ya	Ya
Cetak hasil	–	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Ya	Ya
Wizard	–	Tidak	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Ekspor ke program lain	–	Tidak	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Ukuran	–	8 MB	10 MB	2,5 MB	1,33 MB	2,29 MB	433 KB
Rentang hasil	–	24 jam	24 jam	1 tahun	24 jam	1 tahun	1 jam

Hasil Pengembangan Piranti Lunak

Hasil pengembangan piranti lunak CLS 2008 diantaranya diperlihatkan di

Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengembangan piranti lunak CLS 2008.

Penaksiran Beban	Basis Data Meliputi	Kemampuan Lain
1. Cocok untuk bangunan <i>multizone</i> di wilayah Indonesia.	1. Data kondisi lingkungan selama setahun di 46 lokasi.	1. Hasil penaksiran dapat diekspor ke program aplikasi yang lain.
2. Beban maksimum, minimum, dan rata-rata.	2. CLF lampu yang menyala selama 8-24 jam.	2. Mencetak (<i>printing</i>) hasil penaksiran.
3. Hasil penaksiran meliputi rentang waktu selama setahun.	3. Persentase penurunan suhu maksimum.	3. Dapat menggunakan satuan SI maupun I-P.
4. Melibatkan seluruh komponen beban pendinginan internal dan eksternal bangunan.	4. Dapat menggunakan konstruksi atap dan dinding yang tercantum dalam buku pedoman ASHRAE GRP158.	4. Hasil penaksiran dapat disimpan dalam <i>file</i> dengan ekstensi *.cmf serta dapat dibuka kembali.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pelaksanaan pengembangan piranti lunak ini dapat ditarik rangkuman dan kesimpulan sebagai berikut.

1. Piranti lunak CLS 2008 telah dapat digunakan dengan baik untuk menaksir beban pendinginan tata-udara bangunan *multizone* di wilayah Indonesia bagian utara maupun selatan khatulistiwa.

2. Piranti lunak CLS 2008 dapat digunakan dengan baik untuk menaksir beban pendinginan selama setahun pada bangunan di 46 lokasi di Indonesia.
3. Beban pendinginan maksimum, minimum, dan rata-rata telah dapat ditentukan dengan tepat oleh piranti lunak CLS 2008.
4. Penaksiran beban pendinginan menggunakan piranti lunak CLS 2008 telah melibatkan seluruh komponen beban pendinginan, walaupun profil luar bangunan, seperti bentuk-bentuk naungan (*overhang*) dan sirip (*fin*) jendela masih diabaikan pada bagian perhitungan konduksi kalor dari kaca jendela.
5. Kemampuan baru piranti lunak CLS 2008 berfungsi dengan baik, diantaranya:
 - a. Hasil penaksiran dapat disimpan dalam bentuk *file* (*.cmf).
 - b. Dapat mencetak hasil penaksiran beban pendinginan (*printing*).
 - c. Tabel dan grafik hasil penaksiran dapat diekspor ke program lain.
 - d. Dapat menggunakan sistem satuan SI maupun I-P.

Piranti lunak CLS 2008 ini masih dikembangkan lebih lanjut antara lain dalam hal.

1. Menangani penaksiran beban pendinginan dengan memperhitungkan profil luar bangunan di sekitar lubang cahaya dan jendela.
2. Menambahkan basis data tentang karakteristik termal bahan-bahan bangunan serta basis data tentang bujur dan lintang tempat di berbagai daerah di Indonesia, beserta kondisi iklim setempatnya.
3. Menambahkan kemampuan *files association* untuk *file* *.cmf dan *.cld.
4. Menambahkan pilihan penaksiran beban pendinginan menggunakan metoda *Radiant Time Series*.
5. Memungkinkan piranti lunak ini dapat digunakan secara *online*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus, L., 2006. *Pengembangan Piranti Lunak Penaksiran Beban Pendinginan Bangunan Gedung*. Laporan Tugas Akhir, Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, ITB, Bandung.
- [2] Purnama, Erfan. 2008. *Pengembangan Piranti Lunak Penaksiran Beban Pendinginan Bangunan Multizone*. Laporan Tugas Akhir, Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, ITB, Bandung.
- [3] Rudoy, William dan Joseph F. Cuba. 1979. *ASHRAE GRP158: Cooling and Heating Load Calculation Manual*. ASHRAE, New York
- [4] SNI-03-6572-2001. 2001. *Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung*. BSN, Jakarta.
- [5] Susanti. 2001. *Pembuatan Piranti Lunak Penaksiran Beban Pendinginan Ruang*. Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, ITB, Bandung.
- [6] *Trace-700 version 6.1*. 2001/2002. Trane Corp., USA.